Med 47

Über den Einfluß wechselnder Beleuchtungsstärken auf den Nahvisus sehgestörter Kinder

von

KLAUS BÜTTNER

Hamburg
1961

Aus der Universitäts-Augenklinik
Hamburg-Eppendorf

Direktor: Prof. Dr. med. Hans Sautter

ÜBER DEN EINFLUSS WECHSELNDER BELEUCHTUNGSSTÄRKEN AUF DEN NAHVISUS SEHGESTÖRTER KINDER

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Medizinischen Fakultät
der
Universität Hamburg

---

vorgelegt
von
Klaus BÜTTNER
aus
Buxtehude

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Angenommen von der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg
am 11. Dezember 1961

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

Dekan: Professor Dr. G. Malorny
Referent: Professor Dr. W. Straub
Korreferent: Professor Dr. H. Sautter

Fotodruck: Mikrokopie G.m.b.H. München 2, Weinstr. 4

Über den Einfluss wechselnder Beleuchtungsstärken auf den Nahvisus sehgestörter Kinder.

		Seite
I.	Einleitung	2
II.	Allgemeine Vorbemerkungen	3
III.	Methodik. Eigene Versuche	5
	a. Die Anordnung des Prüffeldes	5
	b. Aufenthaltsraum	6
	c. Testobjekt	6
	d. Untersuchungsgang	7
	e. Auswahl der Versuchspersonen	10
IV.	Ergebnisse der Untersuchungen	11
	a. Hydrophthalmus (Buphthalmus)	11
	b. Excessive Myopie	13
	c. Amblyopie	17
	d. Katarakt und Zustände nach Staroperation	20
	e. Sonstige Entwicklungsstörungen	22
	f. Degenerative Erkrankungen des Auges	25
	g. Vorwiegend erworbene Augenerkrankungen	27
	h. Bedeutung der relativen Sehleistung	28
V.	Zusammenfassung und Beurteilung	31
VI.	Schrifttum	35

I. Einleitung.

Die Anregung zu der vorliegenden Arbeit ging von einer Untersuchungsreihe aus, die im Oktober des Jahres 1959 mit 10 Kindern der Blinden- und Sehschwachenschule Finkenau in Hamburg angestellt wurde. Sie hatte zum Ziel, ein Bild über die Beleuchtungserfordernisse in den Klassenräumen solcher Schulen zu gewinnen, da diese praktisch wichtige Frage aufgrund eines Schulhausneubaues aktuell wurde.

Mit Hilfe von Leseproben, die auch in der augenärztlichen Praxis allgemein üblich sind, wurde bei jedem dieser 10 Kinder festgestellt,
1) welche Typengrösse gerade noch mühelos entziffert werden konnte und
2) in welcher Entfernung vom Auge das geschah.
Der Test begann in jedem Fall bei 250 Lux, einer Beleuchtungsstärke also, die bisher als für Schulräume ausreichend galt. Für die nächsten beiden Versuchsreihen verwandte man 500 bzw. 900 Lux.

Im Vergleich zu dem bei 250 Lux erreichten Visus, der sich zwischen 1/10 und 3/10 bewegte, konnte man bei der nächst höheren Beleuchtungsstärke noch durchweg eine Steigerung der Sehschärfe beobachten, wenn auch in stark unterschiedlichem Masse. Nur in einem Falle war sie unverändert geblieben. Bei 900 Lux war in 7 Fällen die Sehschärfe wiederum besser geworden, in 2 Fällen dagegen fand man einen deutlichen Rückgang der Sehschärfe, trotz äusserlich völlig gleicher Bedingungen für alle 10 Versuchspersonen.

Während also der Normalsichtige bei 250 Lux bereits seine volle Sehschärfe mit Werten um 1,0 entwickelt, wurde bei den sehbehinderten Kindern nur ein Bruchteil dieses Wertes gemessen, bei Beleuchtungsstärken über 500 Lux hinaus hatten noch fast alle von ihnen Sehschärfesteigerungen aufzuweisen.

Wenn man auch in Betracht zieht, dass alle diese Messergebnisse von einer Reihe individueller Faktoren, wie z.B. Ermüdbarkeit, Intelligenz, körperlichem Befinden, beeinflusst werden und selbst von einer Untersuchung zur anderen schwanken können, so lässt sich daraus allein doch kaum erklären, warum bei den einzelnen Beteiligten sich die Sehschärfe zu steigender Beleuchtungsstärke so unterschiedlich verhält. Diese Frage bildet den Ausgangspunkt unserer Versuche, durch Prüfung einer genügend grossen Anzahl von Patienten etwa vorhandene Gesetzmässigkeiten zwischen Beleuchtungsstärke und Visus bei Sehstörungen unterschiedlicher Ätiologie aufzuzeigen, ähnlich, wie sie ja vom normalsichtigen Auge her bekannt sind.

II. Allgemeine Vorbemerkungen.

Es erscheint daher angebracht, bevor wir auf unsere eigentlichen Beobachtungen eingehen, die entsprechenden Vorgänge am normalsichtigen Auge kurz zu erörtern, da sie grunglegend sind für das Sehschärfeverhalten überhaupt und andererseits als Bezugssystem bei der Beurteilung der Sehschärfe am pathologisch veränderten Auge dienen müssen.

Der Begriff "Sehschärfe" lässt sich nach T r e n d e l e n b u r g definieren als die Fähigkeit der Netzhaut, 2 Punkte noch eben getrennt wahrzunehmen. Am einfachsten wird sie bestimmt, in dem eine Versuchsperson auf 2 kleine im Abstand von ca. 5 mm in eine geschwärzte Platte gebohrte Löcher blickt, während die Platte von der anderen Seite beleuchtet wird. Man misst die Entfernung D, aus der die Löcher noch getrennt wahrgenommen werden. Ebenso kann man den Abstand d der Löcher variieren bei gleichbleibender Entfernung. In allen Fällen aber findet man, dass d/D sowie der Sehwinkel, unter dem die Punkte erscheinen, bei gleicher Sehschärfe konstant ist. Dieser Winkel beträgt im sehtüchtigen Auge etwa 1 Bogenminute und ist der Ausdruck für das sogenannte minimum separabile oder das Auflösungsvermögen der Netzhaut. Die in diesem Fall vorliegende Sehschärfe, auch Normalsehschärfe genannt, setzt man gleich 1. Müssen der Sehwinkel oder der Lochabstand vergrössert, oder, was dasselbe bedeutet, der Abstand zwischen Auge und Gegenstand verkleinert werden, so beträgt die Sehschärfe nur den entsprechenden Bruchteil der Normalsehschärfe.

Auf diesem Prinzip beruhen sämtliche heute im Gebrauch befindlichen Probetafeln zur Ermittlung der Sehschärfe: die beiden Punkte sind je nach Ausführung der Sehzeichen (Optotypen) ersetzt worden durch Lücken innerhalb einer möglichst einfachen Drucktype, z.B. dem Landolt-Ring oder dem Snellenschen Haken. Die Grösse der Lücke ist - bei einer Entfernung von meist 5 m - für das minimum separabile von 1' errechnet worden.

Verwendet man dagegen statt der Optotypen Buchstaben (heute bei den klinischen Augenuntersuchungen aus Zweckmässigkeitsgründen meistens üblich), so ist nach L a n d o l t für den Messerfolg nicht mehr allein das Auflösungsvermögen der Netzhaut massgebend. Dieser wird jetzt vielmehr durch weitere Eigenschaften des Auges, besonders den Formensinn, beeinflusst, welch letzterer je nach Übung und Veranlagung des Prüflings stark variieren kann.

L a n d o l t betont, dass mit dem Formensinn auch die Geschicklichkeit im Lesen zusammenhängt, welche zunächst auf das blosse Erkennen von Buchstaben bezogen ist. Letztlich ist aber sowohl dieses als auch die Fähigkeit, Buchstaben zu Wörtern und diese wieder zu Satzteilen zusammenzufügen - wie es bei den von uns vorgenommenen Untersuchungen zwangsläufig gefordert wird - eine Frage der Intelligenz. Es erscheint daher nicht unwichtig, schon hier auf die Möglichkeiten von Fehlerquellen hinzuweisen, die natürlich nicht alle berücksichtigt werden können.

Die Beziehung der Sehschärfe zur Beleuchtungsstärke hat besonders K ö n i g an einer Anzahl Normalsichtiger untersucht. Als Prüfobjekt benutzte er den Snellenschen Haken, den er stufenweise mit Beleuchtungsstärken von 0,0004 bis 65 000 Lux beleuchtete (T r e n d e l e n b u r g). Zwecks übersichtlicher Darstellung trug K ö n i g die Logarithmen der Beleuchtungsstärken in Lux (also nicht diese selber!) auf der Abszisse, die ermittelten Sehschärfegrade auf der Ordinate eines Koordinatensystems auf.

Wie die Abbildung 1 darstellt, steigt die Kurve von etwa 0,0004 bis 0,1 Lux langsam an und wird dann plötzlich steiler. Die Beziehung Sehschärfe/Beleuchtung ist also unterhalb 0,1 Lux (entsprechend der Sehschärfe von etwa 0,18) eine andere als oberhalb dieses Punktes. Den

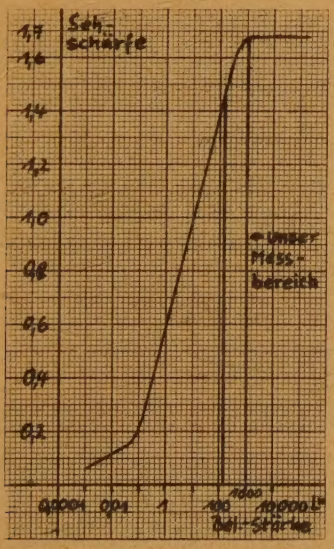

Abb. 1: Sehschärfekurve des normalen Auges.

Knick an dieser Stelle der Kurve führte bereits K ö n i g auf den Übergang vom Stäbchen- zum Zapfensehen zurück. Der sanft ansteigende Teil der Kurve würde also den Stäbchen, der steile Teil den Zapfen zukommen.

Verfolgt man die gesamte Kurve in ihrem Verlauf, so findet man, dass zwischen 0,0004 Lux und 1 000 Lux eine Abhängigkeit zwischen Sehschärfe und Beleuchtung besteht, dass aber oberhalb 1 000 Lux die Sehschärfe auch bei noch so starker Beleuchtung konstant bleibt.

Erst bei Beleuchtungsstärken um 100 000 Lux verliert das normale Auge infolge Blendung rasch an Sehschärfe (von Schober u.a. festgestellt).

Wir haben diese Normalkurve, die auf dem Wege der Fernvisusbestimmung ermittelt wurde, in alle unsere graphischen Darstellungen zum Vergleich übernommen, obwohl über die Frage, ob die Sehschärfe von der Entfernung zwischen Auge des Beobachters und Prüfobjekt gänzlich unabhängig sei, noch nicht entschieden ist. S c h o b e r zitiert einige Autoren, die gezeigt haben, dass sie mit dem Anwachsen der Entfernung sinkt. Andere (B e e b e - C e n t e r M e a d , W a g o n e r , H o f f m a n) bestreiten dies neuerdings und stellen konstante Sehschärfe in einem grossen Entfernungsbereich fest. Abweichungen erklären sich nach ihnen aus Kontrast und Beleuchtung des Sehobjektes.

Über die Beziehungen der Nahsehschärfe des normalen Auges zur Beleuchtung haben wir indes keine so eindeutigen Untersuchungsergebnisse finden können. Es ist aber unwahrscheinlich, dass sie grundsätzlich anders ausfallen würden als die seit K ö n i g bekannten.

In Anlehnung an die Vorgänge im normalen Auge haben auch wir die Sehschärfe in Beziehung zu den Logarithmen der Beleuchtungsstärken (in Lux) gesetzt, an die Teilstriche der Abszisse aber die dazugehörigen Beleuchtungsstärken selbst geschrieben.

III. Methodik. Eigene Versuche.

a. Die Anordnung des Prüffeldes.

Die günstigsten Voraussetzungen für unsere Tests fanden wir in einem Raum vor, der für Experimente zur Ermittlung optimaler Lichtverhältnisse an Arbeitsplätzen diente und mit Beleuchtungskörpern der verschiedensten Helligkeitsgrade ausgestattet war. An der Decke befand sich

eine Batterie von ca. 40 langen Leuchtstoffröhren, die eine grossflächige Lichtquelle darstellte. Diese Anordnung erschien uns aus 2 Gründen vorteilhaft:

1) weil dadurch die Helligkeit im Prüfraum gleich der auf dem Testfeld gehalten wurde, so dass der Adaptationszustand des beobachtenden Auges stets der Messfeldleuchtdichte entsprach. S c h o b e r erwähnt einen Versuch von L y t h g o e , welcher fand, dass nur unter diesen Bedingungen die Sehschärfe sich mit wachsender Testfeldleuchtdichte bis zur anatomisch erreichbaren Grenze steigert. Diese Erkenntnisse sind zwar am normalsichtigen Auge gewonnen worden und es erhebt sich wiederum die Frage, ob man sie ohne weiteres auf unsere Fälle anwenden kann. Die Vermutung liegt aber nahe, dass durch Schaffung gleicher Bedingungen für normale wie für sehgestörte Augen sich wenigstens nicht noch m e h r Abweichungen ergeben, als wir sie ohnehin schon zwischen ihnen gefunden haben.
2) weil auf diese Weise eine mehr diffuse Beleuchtung zustande kam, wodurch die störende Wirkung eines Kopfschattens erheblich abgeschwächt wurde. Ein solcher war bei sehr kleinen Leseabständen manchmal nicht ganz zu vermeiden (s. unten).

b. Aufenthaltsraum.

Die Kinder, die gerade nicht an der Prüfung teilnahmen, hielten sich in einem vom Prüffeld abgesonderten Raum auf. Hinsichtlich der Adaptation war die Beleuchtung auch in diesem Raum von einiger Bedeutung: da wir aus zeitlichen Gründen nicht vor jeder Prüfung eine Adaptationspause einschieben konnten, mussten wir bestrebt sein, die Augen der Kinder in einem Adaptationszustande zu halten, der ihnen eine rasche Einstellung auf die Testfeldbeleuchtung ermöglichte. Die Adaptation geht nach S c h o b e r um so rascher vor sich, je geringer der Unterschied in den Belichtungsstärken der Netzhaut ist. An den Plätzen der Kinder war eine maximale Beleuchtungsstärke von 350 bis 400 Lux zu erreichen. Wir mussten daher bei der höchsten Beleuchtungsstärke des Testfeldes (1 000 Lux) den Kindern etwas Zeit zum Adaptieren geben.

c. Testobjekt.

Die Niedentafel, die wir für unsere Nahvisusprüfungen ausschliesslich verwandten, enthält gedruckte Lesetexte und Zahlenreihen in ansteigenden Grössenordnungen. Die kleinste Niedenstufe (Nd 1) soll von einem Normalsichtigen in einer Entfernung von 40 cm mühelos entziffert

werden, die nächste in 50 cm u.s.f. Für die 10., 11. und 12. Stufe gelten 2,00 m, 3,50 m und 5,00 m.

Die Höhe der Buchstaben und Zahlen ist für ein minimum separabile von 1' errechnet worden. In der Praxis drückt man gewöhnlich den Mahvisus durch die entzifferte Niedengrösse aus unter Angabe des gemessenen Leseabstandes, z.B. Nd 1 in 10 cm, d.h., die Grösse Nd 1, vom normalen Auge in 40 cm Abstand zu erkennen, wird erst in 10 cm Abstand wahrgenommen.

Um nun eine Masszahl zu erhalten, wie sie für alle vergleichenden Sehschärfeprüfungen unerlässlich ist, müsste man eigentlich das Verhältnis von Bildpunktsabstand/Leseentfernung angeben. Dieses absolute Mass können wir aber aus einer Probetafel für Nahleseproben - etwa durch Messung der Typenhöhe - nicht entnehmen, da diese nicht dem Punktabstand bei der 2-Punkte-Methode entspricht, sondern rein empirisch gefunden wurde unter Mitberücksichtigung des Formempfindens, welches ja, wie gesagt, gleichsam unterstützend in den Sehvorgang des blossen Auflösungsvermögens eingreift. Man kommt aber zu einem etwa gleichen Ergebnis, indem man eine Verhältniszahl angibt:

$$V = D_2 : D_1$$

worin D_2 die gemessene, D_1 die zur Norm erhobene Entfernung (s.o.) bedeuten. Man schreibt also statt Nd 1 in 10 cm auch V = 0,10/0,40 und erhält 0,25. Wir haben schon deswegen die Dezimalschreibweise vorgezogen, weil nur sie die Möglichkeit zu graphischen Darstellungen bietet. Aus letzteren sind die Werte für die Lichtstufen zu entnehmen.

d. Untersuchungsgang.

Zunächst noch einiges zum Prüfungsverfahren: Da fast alle unserer jungen Patienten stark herabgesetztes Sehvermögen der verschiedensten Grade aufwiesen, konnten wir in keinem Fall von vornherein wissen, welche Schrifttype

ihrer Grösse (und Form!) nach für das Auge am besten geeignet war. Wir liessen daher bei der ersten Prüfung, also bei 250 Lux, das Kind, ohne einen Hinweis zu geben, auf die Niedentafel blicken, bis es irgendeinen Text las. Dann forderten wir es auf, die Entfernung zu vergrössern, bis der Text unleserlich zu werden begann. Dieser Spielraum zwischen dem Abstand bequemsten Lesens und dem äusserst zumutbaren variierte in der Tat von Fall zu Fall beträchtlich. Für welchen unter den vielen möglichen sollten wir uns entscheiden? In der Literatur finden sich darüber bisher unseres Wissens keine Angaben. Wir hielten uns daher an die Vorschrift, die für den Gebrauch von Niedentafeln gilt und pendelten eine Distanz ein, bei der die Schrift eben noch, aber deutlich genug, erkannt werden konnte.

Während der Prüfung sass der Beobachter an einem Tisch, dessen Höhe für eine bequeme Sitzhaltung beim Lesen gerade angemessen war. Wir stellten den Tisch so, dass das Licht steil von oben vorn einfiel. Dass trotzdem das Prüffeld häufig durch einen Kopfschatten etwas verdunkelt wurde, lag an den sehr kleinen Leseabständen, die manche Kinder, auch für grössere Testbuchstaben, benötigten. Wir halfen uns durch einseitiges Aufstützen der Lesetafel, wodurch diese mehr dem lesenden Kind zugewandt wurde. Wenn das nicht genügte, rückten wir den Tisch in die Nähe zweier von vorn einstrahlender Leuchtstoffröhren, die an der gegenüberliegenden Wand angebracht waren, bis die gewünschte Beleuchtungsstärke auf dem Papier nachzuweisen war. Wir kontrollierten sie ständig durch ein ins Lesefeld gebrachtes Messinstrument, auf dem die Beleuchtungsstärke in Lux direkt abgelesen werden konnte.

Ursprünglich hatten wir für alle unserer Patienten ausser der binocularen auch die monoculare Prüfung vorgesehen und führten z.B. in der ersten Sitzung ausschliesslich diese durch. Im weiteren verzichteten wir aber zumeist auf das monoculare Lesen und zwar aus folgenden Gründen:

1) muss damit gerechnet werden, dass ein Kind, je öfter es ein und denselben Text liest, diesen auswendig lernt oder errät, wodurch natürlich die ganze Prüfung hinfällig wäre;
2) würde es zu einer grossen Anzahl von Einzelergebnissen

kommen, die sich unmöglich in ein Gesamtbild einfügen liessen und überdies den Rahmen dieser Ausführungen sprengten;

3) dürfte die Sehschärfekurve beim binocularen Sehakt ja doch im wesentlichen gleichen Verlauf zeigen wie beim monocularen, sofern beide Augen gleich stark betroffen sind, was in den meisten Fällen lt. Krankenblatt tatsächlich zutraf. Wirkliche Beispiele von beidseitig noch erhaltener, doch stark unterschiedlicher Sehkraft sind uns nur ganz vereinzelt aufgefallen, diese haben wir selbstverständlich diskutiert.

4) wurde das Lesen mit einem Auge häufig als unbequem abgelehnt und wir verzichteten dann lieber auf eine solche Prüfung, als ein durch psychische Einflüsse verzerrtes Ergebnis in Kauf zu nehmen.

In unserer ersten Versuchsreihe haben wir die beiden niedrigsten Beleuchtungsstufen anders wählen müssen, da sich gerade 250 und 500 Lux nicht exakt einstellen liessen. Wir haben die Ergebnisse aber mitverwertet, obwohl wir die Sitzung bei den im übrigen verwendeten Beleuchtungsstärken später wiederholten.

Die Beleuchtungsstärke 750 Lux führten wir zusätzlich ein, da, nach den Prüfungsergebnissen vom Oktober 1959 zu urteilen, zwischen 500 und 1 000 Lux in manchen Fällen noch Sehschärfemaxima zu vermuten waren, was wir dann auch vielfach bestätigt fanden. Aus Zeitgründen mussten wir uns schliesslich mit 4 Stufen begnügen, nicht zuletzt auch, um die Geduld unserer jungen Patienten nicht über einen Vormittag hinaus zu strapazieren. Unsere graphischen Darstellungen sind daher auch - mangels grösserer Anzahl von Zwischenpunkten - nicht als Kurven im strengen Sinne aufzufassen, sondern sollen hauptsächlich eine vergleichende Orientierung bieten. Unter diesen Vorbehalten sind offenbar auch verschiedene nicht ganz erklärliche Abweichungen von dem zu erwartenden Verlauf zu werten.

e. Auswahl der Versuchspersonen.

Unser Untersuchungsgut setzt sich aus Kindern sämtlicher Altersklassen vom 9. bis zum 18. Lebensjahr zusammen. Jüngere Jahrgänge haben wir, da von jedem Prüfling eine gewisse Fertigkeit im Lesen zu fordern ist, nicht erfasst.

Aus den augenärztlichen Befunden ging hervor, dass etwa 54 Kinder aufgrund der ihnen noch verbliebenen Sehseigenschaften für unsere Zwecke geeignet waren, bei einigen von ihnen hatte sich aber seit der Erhebung des Befundes das Augenleiden erheblich verschlimmert, so dass sie zum Lesen nicht mehr in der Lage waren. 2 von ihnen waren völlig erblindet. Weitere fielen durch Nichterscheinen aus anderen Gründen aus.

Da die Kinder mit öffentlichen Verkehrsmitteln von der Schule zum Lichtstudio geführt werden mussten, konnte die Abwicklung der Prüfungen nur klassenweise vor sich gehen. Aus eben diesem Grunde waren Nachprüfungen einzelner nur ausnahmsweise, mit anderen Klassen zusammen, möglich. Dazu kam noch, dass uns der Prüfungsraum nur an bestimmten, vorher abzusprechenden Tagen zur Verfügung stand.

Mit den verbliebenen 42 Fällen haben wir aber nahezu alle bei den Kindern der Sehschwachenschule vorkommenden visusmindernden Augenleiden erfasst. Es ergibt sich allerdings eine stark unterschiedliche Besetzung in den einzelnen Krankheitsgruppen, aber dieser Zustand wäre vermutlich durch ein Hinzutreten der 12 fehlenden Fälle nicht wesentlich ausgeglichen worden.

Die Zusammensetzung unseres Materials geht aus den in Tabelle I aufgeführten Gruppenbefunden hervor.

Krankheitsbezeichnung	Anzahl der Fälle
Hydrophthalmus (Buphthalmus	3
Excessive Myopie	10
Amblyopie	10
Katarakt und Zustände nach Staroperation	6
sonstige Entwicklungsstörungen	7
Degenerative Erkrankungen	3
vorwiegend erworbene Augenerkrankungen	3

Tabelle I: Gruppenbefunde.

Eine solche Einteilung, die sich einmal nach klinischen, zum anderen nach path.-anatomischen Gesichtspunkten

richtet, hat natürlich etwas gezwungenes an sich, sie wird aber gerechtfertigt durch die noch nicht geklärte Ätiologie mancher Krankheitsbilder. Weiter ist zu beachten, dass bei fortgeschrittenen und noch fortschreitenden Leiden, mit welchen wir es hier grossenteils zu tun haben, die Symptome sich oft überschneiden bzw. ineinander übergehen. Das Nebeneinander von verschiedenen Befunden kann sich wohl manchmal gegenseitig bedingen, nicht immer aber lässt sich ein ursächlicher Zusammenhang mit Sicherheit angeben. Es sei nur auf die Myopie und die Amblyopie hingewiesen, die recht häufig kombiniert vorkommen.

Ein weiteres Problem tauchte bei der Einteilung der Katarakte auf. "Aniridie mit cataracta congenita" ist z.B. mit Sicherheit eine Entwicklungsstörung und hätte ebenso gut unter diesen aufgeführt werden können. Schichtstar hingegen kann sowohl ererbt als auch in früher Kindheit erworben sein. Für uns hätte das wegen der Vielgestaltigkeit der cataracta zonularis aber nur formale Bedeutung. Da in diesem Zusammenhang also vor allem das klinische Bild interessieren kann, wollen wir die Katarakte sowie Folgezustände nach Staroperation gesondert betrachten.

IV. Ergebnisse der Untersuchungen.

Zur Benennung einzelner Fälle innerhalb der Gruppenbefunde geben wir der besseren Übersicht wegen nur die laufende Nummer an.

a. Hydrophthalmus (Buphthalmus)

Lfd. Nr.	Name	Diagnose lt. Krankenblatt	Gläser in dptr.usw.
1	Renate M.	re. Hydrophth., Banddegeneration d. Hornhaut, Vorderkammer flach, Iridektomie, enge, reaktionslose Pupillen. li. Enukleation	-2,0 sph. bds.
2	Gerhard A.	Buphthalmus bds.(angeb. Glaukom)	-7,0 sph. bds.
3	Reinh. B.	Buphth., Papillen: Pigmentverwerfungen am hinteren Pol	-

Tabelle II: Befunde bei Hydrophthalmus.

In (1) haben wir ein angeborenes Glaukom in besonders ausgeprägter Form vor uns. Das Sehvermögen dieses Kindes ist stark herabgesetzt, kleinere Typen konnte es nur in Entfernungen unter 9 cm unsicher entziffern. Die Sehschärfe steigt mit wachsender Beleuchtung geradezu progressiv an, was auf hohen Lichtbedarf schliessen lässt, und würde wohl auch über 1 000 Lux hinaus noch ansteigen. Wir haben jede Messung mit anderen Niedenstufen wiederholt, um Abweichungen, die sich durch Messfehler bei kleinen Distanzen leicht einstellen, etwas auskorrigieren zu können.

(2) gab an, mit dem linken Auge nicht lesen zu können, darum wollten wir zuerst nur das rechte Auge testen. Es ergibt sich ein recht eigenartiges Kurvenbild mit einem kleinen Gipfel bei 500 Lux, der durchaus nicht erklärlich ist.

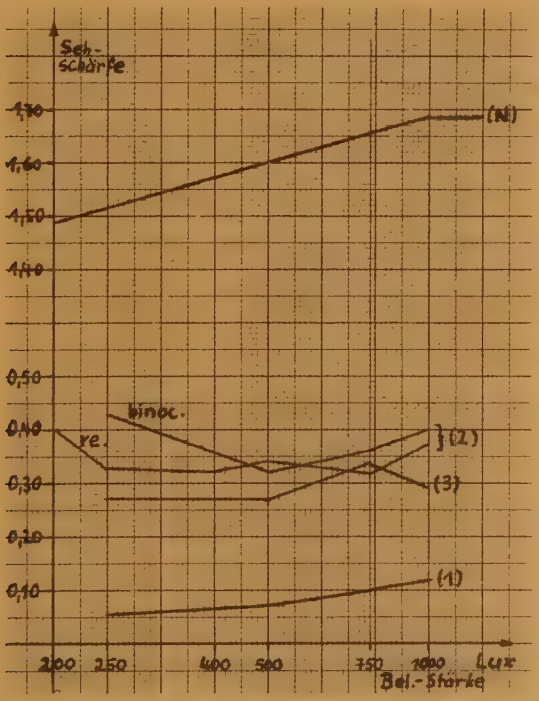

Abbildung 2: Kurvenbilder bei Hydrophthalmus

Obgleich wir auch diese Messungen sämtlich wiederholten, konnten wir kein "überzeugenderes Bild bekommen. Nun war diesem Jungen, wie vielen anderen unserer Prüflinge, das Lesen mit einem Auge bei Verschluss des anderen ausgesprochen ungewohnt und es fehlte auch nicht an Vorwänden, diese Art des Lesens zu umgehen. Das sehgestötte Auge ist unter solchen Umständen offensichtlich leichter ermüdbar als beim Binocularsehen, ausserdem ist im binocularen Sehakt vielleicht die Fixation besser (S c h o b e r). Wir prüften daher auch (2) binocular, und die entstandene Kurve zeigt immerhin durch ihre deutlich höheren Werte, dass das zwar leseuntaugliche Auge doch nicht ganz ohne Einfluss auf den Gesamtvisus (oder den des rechten Auges allein?) sein kann, was sich etwa mit dem von S c h o b e r gesagten deckt. Das vorübergehende Abfallen beider Kurven ungefähr an der selben Stelle überrascht, da höhere Beleuchtungsstärken wieder zur Besserung der Sehschärfe führen. Anscheinend war das Kind nicht genügend adaptiert bzw. brauchte dafür mehr Zeit als die übrigen.

Die Sehschärfe von (3) bleibt unverändert bis 500 Lux, steigt dann deutlich an und wird oberhalb 750 Lux wieder schlechter. Ein ähnliches Verhalten beobachten wir bei über 30 % unserer Teilnehmer, und es ist kein Zweifel, dass hier Blendungserscheinungen eine Rolle spielen. Eine erheblich höhere Sehschärfe dürfte diesem Auge bei keiner Beleuchtungsstärke mehr beschieden sein, wenigstens nicht bei noch höheren als 1 000 Lux.

b. Excessive Myopie.

Das Material haben wir in 2 Gruppen unterteilt, wie es heute aus didaktischen Gründen geschieht, woraus aber nicht unbedingt auf das Stadium des Leidens geschlossen werden kann. Den hohen Graden von Refraktionsanomalie mit mehr als - 10,0 dptr. stellten wir die mittleren gegenüber.

Das klinische Bild der excessiven oder malignen Myopie äussert sich immer in mehr oder weniger schnell zunehmenden Dehnungsveränderungen des Fundus mit Herabsetzung der zentralen Sehschärfe, im Gegensatz zu benignen Formen, die zwar recht hohe Grade erreichen können, bei denen der Patient aber zeitlebens gute Sehschärfe behält und von Entartungserscheinungen, besonders der Netzhaut, verschont bleibt.

Nach Angaben mehrerer Autoren (I.S. C r a w f o r d , C. S h a g a s s , T.I. P a s h b y , J a e n s c h u.a.) ist die Sehschärfe um so mehr herabgesetzt, je höher die

Lfd. Nr.	Name	Diagnose lt. Krankenblatt	Gläser in Dptr.
4	Hildeg. M.	hochgr. Myopie, conus myopicus	-11,0 bds.
5	Sabine N.	Dichte Hornhautnarben bds., exc. Myopie, strab. convergens	r.-11,0 l.-12,0 -1,5 cyl. bds.
6	Petra I.	bds. grosser conus myopicus exc. Myopie	r.-13,0 l.-14,0
7	Joachim L.	exc. My. mit Astigmatismus	-10,0 bds.
8	Carsten T.	exc. Myopie mit Dehnungsveränderungen	l.-11,5 r.-12,0
9	Angelika H.	exc. Myopie, Amblyopie bds.	-8,0 bds.
10	Anke H.	Myopie m. Dehnungsveränderungen, Katarakt, Astigmatismus	r.-4,5 l.-4,25
11	Alfred B.	exc. Myopie, Astigmatismus, Netzhautherd re.	r.-7,0 l.-6,5
12	Jutta W.	exc. Myopie mit Amblyopie	bds.-6,0
13	Petra H.	exc. Myopie m. Astigmatismus, Strab. conv., Amblyopie bds.	bds. -6,0

Tabelle III: Befunde bei excessiver Myopie.

Refraktionsanomalie gefunden wird. Dieser Satz ist aber offenbar nur auf die benigne Myopie anzuwenden, denn, wie man aus Tabelle III und den Kurven ersieht, werden von einigen Kindern (4),(7) und (8) trotz hoher Brechungsfehler noch ganz beachtliche Sehleistungen erzielt im Vergleich zu den mittleren Graden. Das Kriterium einer excessiven Myopie überhaupt ist offenbar nicht immer die hohe Refraktionsanomalie. (10) z.B. zeigt bei nur -4,5 (4,25) dptr. bereits Dehnungsveränderungen am Fundus. Auch die anderen Fälle der 2. Krankheitsgruppe sind in dieser Hinsicht wenig charakteristisch. Wir vermögen jedoch nicht zu entscheiden, ob die Schwachsichtigkeit ("Amblyopie") hier als Begleitsymptom auftritt oder eine Folge der Netzhautveränderungen ist.

Eine gewisse Abhängigkeit des schlechten Sehvermögens/ von dem Grade des Refraktionsfehlers zeigen aber - für sich genommen - die Fälle (7),(4) und (8), und zwar in der hier gegebenen Reihenfolge.

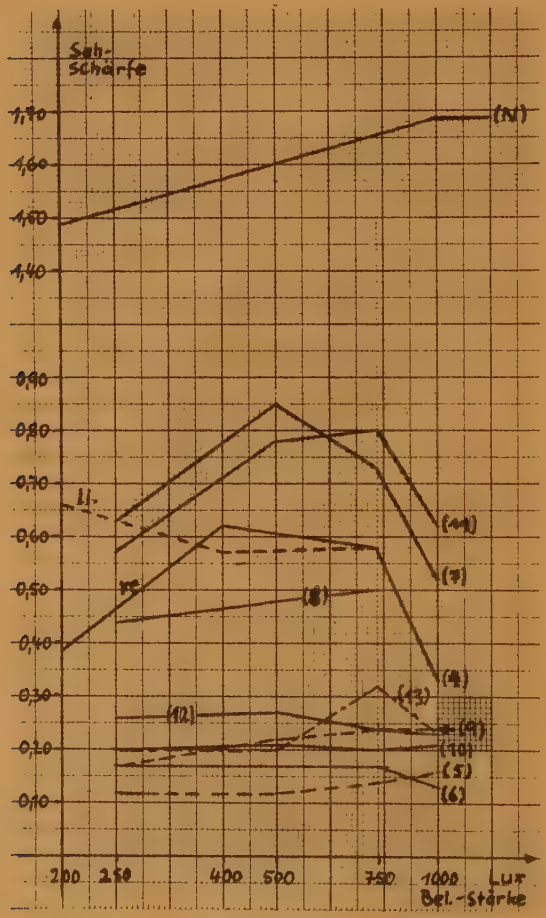

Abbildung 3: Kurvenbilder bei excessiver Myopie.

Bei 500 bzw. 750 Lux erreichen (4),(7),(11) und (13) ein Maximum an Sehschärfe.

Bemerkenswert ist der danach einsetzende Sturz, den wir in unserem Untersuchungsgut nur noch 3 Mal finden, freilich in weniger ausgesprochenem Masse (siehe auch Seite 33).

Die Bewegungen in den übrigen Kurven sind bei weitem gemässigter, es scheint, als ob das hellere Licht die Sehschärfe um so weniger beeinflusse, je mehr sie allgemein herabgesetzt ist, die Kurven sich in diesem Falle also mehr der Parallelen zur Abscisse näherten. Eine Ausnahme macht allerdings (8) durch seinen ziemlich stetigen Verlauf bei verhältnismässig gutem Visus sowie (13) wegen seines unvermittelten Anstiegs bei 750 Lux. Erst der Vergleich der relativen Leistungssteigerung mit der des normalsichtigen Auges (s. Tab. IX) zeigt, dass man aus den hier vorliegenden Bildern keine übereilten Schlüsse ziehen darf.

(10) und besonders (5) haben einen erhöhten Lichtbedarf, was auf schlechte Lichtdurchlässigkeit der brechenden Medien zurückzuführen ist. Ein weiteres Ansteigen der Sehschärfe oberhalb 1 000 Lux ist daher mit Bestimmtheit zu erwarten.

Die Kurven von (8) und (9) flachen sich, nachdem bei 750 Lux höchste Sehschärfe erreicht ist, in einer der Normalkurve recht ähnlichen Weise ab, weitere Steigerung bei mehr als 1 000 Lux ist natürlich möglich, sie dürfte aber, nach dem bisherigen sanften Verlauf zu urteilen, nicht erheblich sein.

Der Verlauf von (12) deutet ebenfalls auf weitere Abflachung jenseits 1 000 Lux hin. Auffällige Blendungserscheinungen innerhalb des hier verwendeten Beleuchtungsbereiches sind jedenfalls noch nicht zu erkennen.

(4) fiel uns durch starkes einseitiges Geblendetsein auf, wir benutzen die Gelegenheit, hier einen eindeutigen Unterschied im Sehschärfeverhalten zwischen beiden Augen zu demonstrieren. Denken wir uns die Kurve nach links

verlängert, so würde die des rechten Auges noch weiter absinken oder flach werden, die des linken aber bis zum Optimum bei einer bestimmten Beleuchtungsstärke weiter steigen. Beide Augen benötigen also zur Erreichung ihrer maximalen Sehleistung verschiedene Beleuchtungsstärken. Ein Helligkeitsgrad, dem das rechte Auge weitere Sehschärfeverbesserung verdankt, kann im linken Auge bereits zu Störungen im Adaptationszustand führen. Merkwürdig ist, dass sich zwischen 400 und 750 Lux diese Unterschiede ausgleichen.

c. Amblyopie.

Als Amblyopie bezeichnet man hohe Grade von Schwachsichtigkeit, bei denen keine nennenswerten Veränderungen am Augenhintergrund nachzuweisen sind. Es handelt sich also um einen rein klinischen Begriff, was für uns bedeutet, dass das schlechte Sehvermögen unserer 9 Patienten verschiedene, im letzten nicht bekannte Ursachen haben kann. Bei fast allen von ihnen sind zwar Begleit- bzw. Nebenbefunde vorhanden (z.B. albinot. Fundus, myopischer Fundus), die in ausgeprägten Fällen natürlich auch zu Herabsetzung des Sehvermögens führen, hier aber ursächlich in den Hintergrund treten dürften, soweit man die diagnostischen Angaben in den Krankenblättern als verbindlich betrachten kann.

Vergleicht man nun die einzelnen Sehschärfekurven, so lassen sich jeweils einige zusammenfassen, die einen im wesentlichen übereinstimmenden Verlauf haben.

1. (14),(16),(17) und in gewissem Sinne auch (22) sind gekennzeichnet durch vorwiegend ansteigende Tendenz, der Lichtbedarf dieser Kinder ist also hoch im Vergleich zu den übrigen, ihr optimales Sehvermögen erreichen sie wahrscheinlich erst bei über 1 000 Lux. Die Abflachung der Kurven entspricht etwa der der Normalkurve.

2. Ihre volle Sehschärfe erreichen (15),(18) und vielleicht (19) dagegen schon bei 500 bzw. 750 Lux, danach tritt in individuell verschiedenem Grade Blendung auf. Bei (15) ist sie am ausgeprägtesten, möglicherweise

Lfd. Nr.	Name	Diagnose lt. Krankenblatt	Gläser in dptr. usw.
14	Marlies R.	Bds. Amblyopie m. Nystagmus	r.+3,0 l.+2,0 cyl.+2 bds.
15	Herbert	stabsicht., übersichtig, pigmentarmer, albinot. Fundus	r.+5,0 l.+4,0
16	Uwe B.	geringe myop. Fundusveränderungen	r.-1,5 l.-2,0
17	Hilde B.	Horizont.Ny. mit rotator.Komponente, Myopie, Amblyopie	-5,0 bds.
18	Reinhard G.	Amblyopie bds., Nystagmus, My. mit myop. Astigmatismus	-9,0 bds.
19	Harald S.	Amblyopie, Strab.conv., starker Ny. horiz.et rot. congen., Retinadehnung	-3,0 bds.
20	Peter S.	Amblyopie bds., angeb. Nystagmus	+1,0 bds.
21	Bärbel B.	Amblyopie, Nystagmus, Hyperopie	+2,5 bds.
22	Monika R.	Amblyopie bds., Iris-und Aderhautcolobom	gl.b.n.

Tabelle IV: Befunde bei Amblyopie.

spielt hier die in Tab. IV erwähnte Pigmentarmut der Netzhaut eine Rolle.

3. (20 binoc.) und 21 verdienen besondere Beachtung. Der eher ungünstige Einfluss des helleren Lichtes auf die Sehschärfe lässt erkennen, dass das Adaptationsvermögen irgendwie beeinträchtigt sein muss. Die eine der Kurven von (20) verläuft noch weitgehend normal, sie entstammt der monocularen Prüfung aus der ersten Sitzung. Wesentliche Unterschiede zwischen beiden Augen bestanden nicht. Um so mehr überrascht daher das Ergebnis der binocularen Prüfung, die 2 Wochen später stattfand. Jedes Einzelergebnis sicherten wir ab, indem wir das Kind noch eine andere Textreihe auf der Niedentafel lesen liessen. Wir konnten daher die Kurve ausreichend einengen. Ob hier lediglich Ermüdungserscheinungen massgebend sind oder eine derartige Adaptationsstörung im Krankheitsbild selbst begründet liegt,

kann wohl nur durch längere Beobachtung dieses Kindes mit mehrfach durchzuführenden Leseproben eruiert werden.

4. (19) und (22) muten paradox an in bezug auf den Verlauf der Kurven, da nach einem Maximum die Sehschärfe erneut ansteigt bzw. ein Minimum bildet (vgl. (2)!). Abgesehen von dieser ungewöhnlichen Abweichung bei 500 Lux lassen sich aber beide einigermassen zwanglos den übrigen zuordnen.

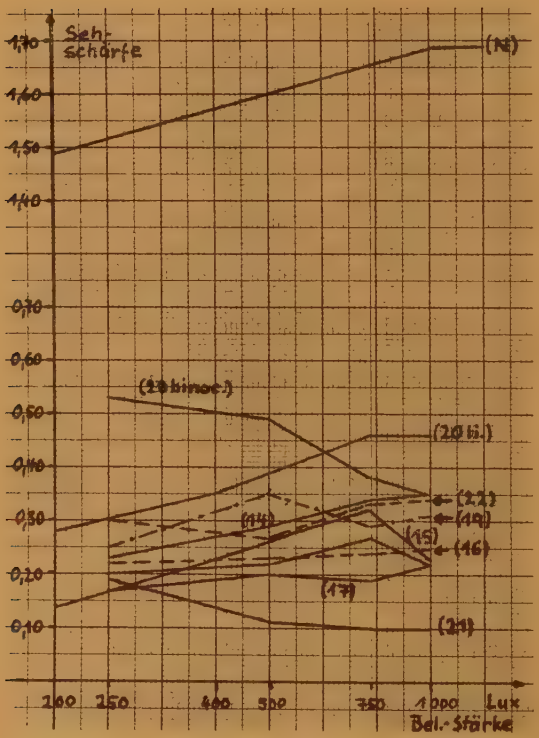

Abbildung 4: Kurvenbilder bei Amblyopie.

d. Katarakt und Zustände nach Staroperation.

In diese Gruppe haben wir nur Patienten mit kongenitalen und in früher Kindheit erworbenen Linsentrübungen eingeteilt, um zu einer gewissen Einheitlichkeit zu gelangen. Über die Ausdehnung und Dichte der Trübungen ist in den Krankenblättern indes nichts ausgesagt, so dass wir siese Faktoren, die in recht unterschiedlicher Weise die Sehschärfe beeinflussen können, zur Beurteilung unserer Messergebnisse nicht heranziehen können. Wichtig in diesem Zusammenhang wäre auch, dass es beim Schichtstar ausser stationären, sozusagen reinen Formen auch solche mit Neigung zum Fortschreiten der Trübungen gibt, die das Krankheitsbild der cataracta zonularis überlagern würden. Die Zuordnung eines bestimmten Sehschärfeverhaltens zu einer ursächlich in Frage kommenden Starform erscheint also illusorisch, bevor durch anamnestische und diagnostische Ermittlungen Klarheit geschaffen wurde, welche Form zur Hauptsache vorliegt. Das gilt sinngemäss auch für alle sonstigen krankhaften Zustände, welche die Sehkraft herabsetzen und somit die optische Wirkung der Linsentrübung verstärken.

Lfd. Nr.	Name	Diagnose lt. Krankenblatt	Gläser in dptr. usw.
23	Hannelore T.	Schichtstar bds.	gl. b. n.
24	Wolfgang F.	cataracta zonularis	" " "
25	Jörg G.	cataracta cong. m. Aniridie, oculärer Nystagmus	keine Brille
26	Waltraud N.	Schichtstar bds.	"
27	Gabriele L.	Aphakie bds. nach Staroperation	+12,0 bds.
28	Rainer W.	Aphakie re. nach Staroperation, Amblyopie bds., Nystagmus	re. nur Lichtschein

Tabelle V: Befunde bei Katarakt und Zuständen nach Staroperation.

In der Erwartung, einen deutlichen Unterschied zwischen aphakem Auge und Kataraktauge bezüglich ihrem Verhalten gegenüber wechselnden Beleuchtungsstärken feststellen zu können, haben wir in dieser Gruppe auch die Staroperierten abgehandelt. Obwohl das Ergebnis der Leseproben dann aber in keiner Weise auf die wiedergewonnene Lichtdurch-

lässigkeit der brechenden Medien hinwies, erschien uns eine Gegenüberstellung doch interessant.

Ganz allgemein betrachtet braucht ein Kataraktauge zur Erzielung ausreichender Sehschärfe viel mehr Licht als ein von Linsentrübungen freies Auge.

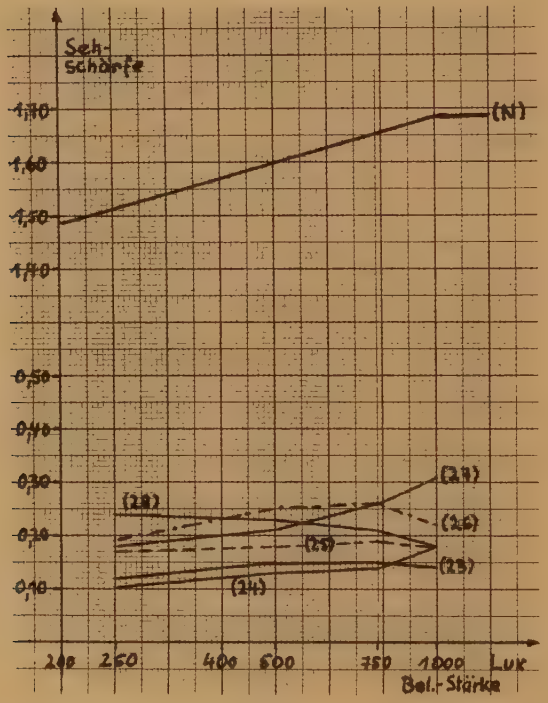

Abbildung 5: Kurvenbilder bei Katarakt und Zuständen nach Staroperation.

Man wird also bei Patienten mit Linsentrübungen einen b e s o n d e r s hohen Lichtbedarf voraussetzen, der sich in einem stetigen Ansteigen der Sehschärfekurve äussern müsste. Solches finden wir aber nur bei (24) bestätigt. Die 3 anderen Starfälle, nämlich (23),(25) und (26), zeigen bei 750 Lux das schon von vorausgegan-

genen Beispielen her bekannte Maximum. Bei (25) zumindest ist die Erklärung dafür in der Aniridie zu suchen, die ebenso wie Albinismus zu Blendung und Lichtscheu führt.

Alle 6 Patienten erreichen nicht einmal annähernd volle Sehschärfe, die Sehleistungen ihrer Augen sind also stark reduziert, und zwar nicht nur infolge von Linsentrübungen.

Dies drückt sich bei (23) und (25) in einem fast waagerechten Verlauf der Kurven und bei (28) in kontinuierlichem Sehschärfeabfall aus. Rainer W. konnte nur mit dem staroperierten Auge lesen, das andere wies anscheinend ebenfalls Linsentrübungen auf. Die starke Amblyopie steht bei diesem Jungen sicher im Vordergrund, denn es war auffallend, dass er mit Leseproben unter Nd 9 nur sehr schwer fertig wurde und die Tafel ganz dicht vor das Auge hätte halten müssen.

Ob bei (27) noch zusätzlich Trübungen im Glaskörper vorliegen, ist uns nicht bekannt, der stetige Zuwachs an Sehvermögen mit steigender Beleuchtung würde nach dem oben gesagten dafür sprechen.

e. Sonstige Entwicklungsstörungen.

Wir stellen hier einige Einzelbeispiele von Entwicklungsstörungen vor, die sich nicht durch ein allen gemeinsames Kernsymptom auszeichnen. Die Besprechung hat daher nur deskriptiven Charakter und wir müssen auf jede Bezugnahme untereinander sowie eine Systematik in der Aufzählung verzichten.

Menschen mit totalem Albinismus, zu denen wir auch (29) rechnen können, sind durchweg hochgradig lichtscheu und zu zentraler Fixation wegen Aplasie der Maculae nicht imstande. Die Lichtscheu zeigt sich u.a. im Verhalten der Sehschärfe zu stärkerer Beleuchtung. Die Blendungserscheinungen bei (29) beginnen zwischen 400 und 750 Lux. Dass das Geblendetsein aber nicht nur den Albinos eigen ist, konnten wir bereits an einer Reihe von Fällen zeigen, und mit ihnen verglichen tritt dies Phänomen bei dem Albino nicht so überzeugend in Erscheinung, wie man es bei grosser Lichtscheu erwarten sollte.

Lfd. Nr.	Name	Diagnose lt. Krankenblatt	Gläser in dptr.usw.
29	Edith W.	Albinismus, Pendelzittern, Amblyopie	-
30	Karl-H. S.	Subluxation beider Linsen bei Marfan-Syndrom	r.-6,75 l.-6,75
31	Marion A.	Linsenluxation bds. (angeb.), Amblyopie (Marfansyndrom)	-
32	Hans-Jürgen P.	Mikrophthalmus, massive Pseudoneuritis hyperopica, Aplasie beider Maculae	+11,0 bds.
33	Birgit v.T.	re. Mikrophthalmus, cat.compl., Iridektomie bds.,unregelm.Myopennyst.; li.geringer Mikrophthalmus	gl.b.n.
34	Heidrun L.	bds. Maculacolobom	" " "
35	Hannelore L.	zentr.Aderhaut-Netzhautherd(Aderh. Netzh.-Colobom) m.Herabsetzung d. Sehvermögens. Myop. Fundus	-

Tabelle VI: Befunde bei sonstigen Entwicklungsstörungen.

(32) ist wiederum ein Beispiel für hohes Lichtbedürfnis. Der Verlauf der Kurve lässt vermuten, dass bei Beleuchtungsstärken über 1 000 Lux das Sehvermögen noch besser wird.

Bei (33) handelte es sich um ein recht schwer lenkbares Kind. Wir mussten mehrmals nachprüfen, um zu einem einigermassen eindeutigen Bild zu kommen. Der Visus des rechten Auges war so stark herabgesetzt, dass nur noch Handbewegungen wahrgenommen werden konnten. Obwohl man nun annehmen sollte, dass dieses rechte Auge zum Sehen resp. Lesen praktisch untauglich sei, weichen doch die im monocularen Sehakt erhaltenen Werte von denen beim gewohnten Lesen mit beiden Augen in auffälliger Weise ab. Eine gewisse Einflussnahme des rechten, obschon fast blinden Auges auf den Sehakt ist hier offensichtlich vorhanden, etwa in dem Sinne, dass die oberhalb 750 Lux auftretende Blendwirkung auf das linke Auge psychisch bedingt ist und beim beidäugigen Lesen nicht empfunden wird.

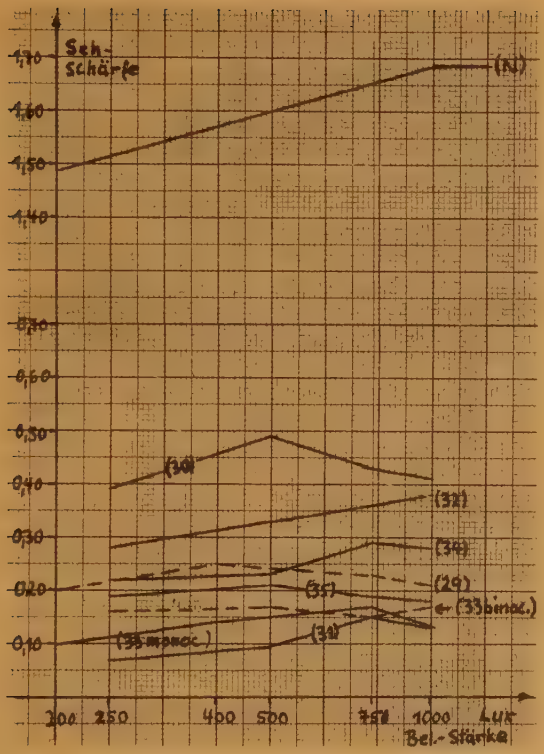

Abbildung 6: Kurvenbilder bei sonstigen Entwicklungsstörungen.

(35) wirft die Frage auf, ob der Aderhaut-Netzhautherd sich auch auf die Macula ausdehnt, da die Sehschärfe trotz steigender Beleuchtung nahezu unverändert bleibt. Die klinische Diagnose "myopische Fundusveränderungen" lässt sich hier jedenfalls nicht eindeutig verwerten.

(30) liegt mit seinem Sehschärfeoptimum bei 500 Lux über dem allgemeinen Durchschnitt und bedarf keiner besonderen Erläuterung.

(34) bietet ausser der zu erwartenden Sehschwäche und dem allerdings ziemlich unvermittelten Sehschärfegewinn

bei 750 Lux (entsprechendes gilt für (31)) nichts Charakteristisches.

f. Degenerative Erkrankungen des Auges.

Bei Krankheitsprozessen, die die Macula mit einbeziehen, ist die Sehschärfe ein besonders feiner Indikator für das Stadium des Leidens, und es liegt nahe, zu vermuten, dass auch wechselnde Beleuchtung sich dabei in irgendeiner Weise bemerkbar machen muss. Leider besassen nur noch 4 Schüler dieser Krankheitsgruppe ausreichendes Sehvermögen. Trotzdem lässt auch bei diesen wenigen Fällen der Verlauf der Sehschärfe-Beleuchtungs-Kurven sich mit den krankhaften Vorgängen in gewissen Einklang bringen.

Lfd. Nr.	Name	Diagnose lt. Krankenblatt	Gläser in dptr.usw.
36	Rainer B.	Retinitis pigmentosa	-
37	Hela A.	juvenile Maculadegeneration, Pigmentverwerfungen i. Gebiet d. Macula	Lupe +20,0
38	Gerhard R.	juvenile Maculadeg.,Nyst.,li. Strab. conv., Astigmatismus	gl.b.n.
39	Hans-G. L.	totale Farbenblindheit, Amblyopie, Nystagmus	-

Tabelle 7: Befunde bei degenerativen Erkrankungen des Auges.

Bei (36) handelt es sich anscheinend um ein wenig fortgeschrittenes Stadium. Höchstmögliche Sehschärfe ist mit 0,97 bei 400 Lux erreicht, danach Blendung. (37) und (38) verlaufen ähnlich, hier werden aber doch ca. 750 Lux zum optimalen Sehen benötigt.

Interessant ist - für sich gesehen - Fall 38.

Das linke Auge, welches in Schielstellung steht und folglich am Sehakt nicht teilnimmt, hat erheblich schlechteres Sehvermögen wie das rechte, was zu erwarten war, benötigt relativ mehr Licht und ist etwas stärker geblendet. Das rechte Auge allein erreicht höhere Sehschärfe als die beim Binocularsehen gemessene. Das überrascht insofern, als auch Schielamblyope an das Sehen mit beiden Augen

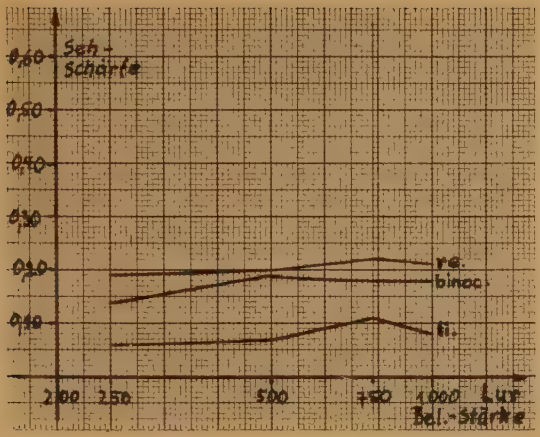

Abbildung 7: Kurvenbild von Fall 38

gewöhnt sind, wenn auch das nicht schielende dabei überwiegt. Der Junge trug allerdings beim Lesen keine Schielbrille, daher kam vielleicht doch eine Störung des Sehaktes durch das Doppelbild zustande.

Dass (39) stetig an Sehschärfe zunimmt, passt nicht ganz zu dem klinischen Vollbild der Monochromasie, bei der die Scheu vor hellem Licht sonst ähnlich charakteristisch ist wie bei Albinismus usw. In 3 Fällen tritt von einer bestimmten Beleuchtungsstärke an keine Sehschärfesteigerung mehr auf, dies deckt sich durchaus mit der Tatsache, dass in den betroffenen Augen Sehelemente entartet sind und dass mit den verbliebenen Sehelementen der Fovea das Höchstmass an Sehkraft erreicht ist, wie ja die Blendung bei der nächst höheren Helligkeitsstufe beweist. Ob dieses Verhalten, das an anderen von uns untersuchten Fällen sich noch deutlicher zeigte, immer für den Funktionsausfall von Sehelementen spricht, steht dahin.

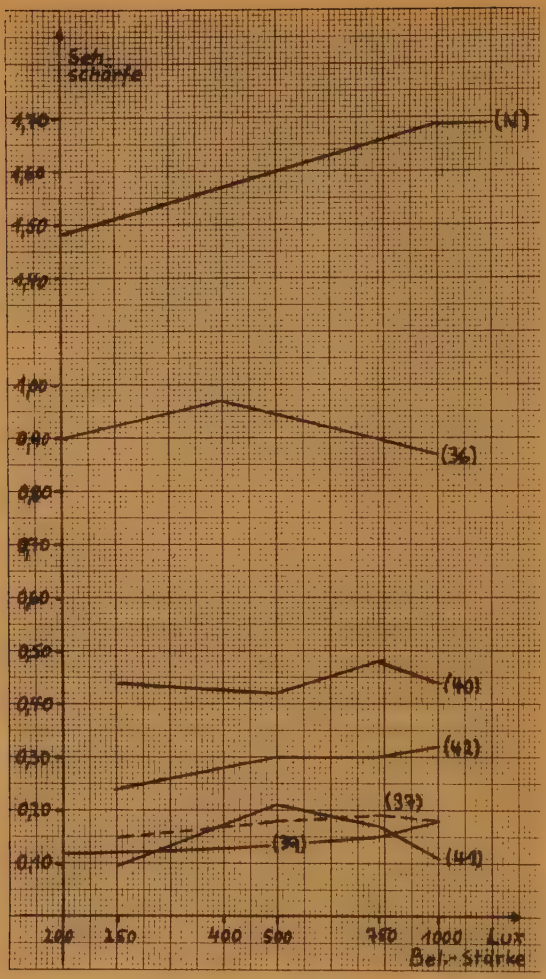

Abbildung 8: Kurvenbilder bei degenerativen Erkrankungen und vorwiegend erworbenen Augenkrankheiten.

g. Vorwiegend erworbene Augenerkrankungen.

Die Einstufung dieser Fälle nach eindeutigen Gesichtspunkten ist etwas schwierig.

Die Herabsetzung des Sehvermögens ist wohl bei (40) und (41) jeweils auf den gleichen Prozess zurückzuführen, der in einem Fall die Opticusatrophie, im anderen die

Lfd. Nr.	Name	Diagnose lt. Krankenblatt	Gläser in dptr.usw.
40	Liese-lotte Z.	re.macula corneae m.vord. Synechie, horiz.Nyst.m.rotator.Komponente; li.Phthisis bulbi	r.-0,5 l.nicht angegeb.
41	Marita E.	re.Opticusatrophie,strab.conv., Nystagmus	+2 cyl. bds.
42	Brigitte H.	Hyperopie, alte Chorioiditis centralis	+4,5 bds.

Tabelle VIII: Befunde bei vorwiegend erworbenen Augenerkrankungen.

Phthisis bulbi verursacht hat, jedenfalls fehlt im Krankenblatt ein Hinweis auf Amblyopie.

(40) konnte Nd 4 sicher entziffern, die Sehschärfe ist also relativ gut, der Wert bei 500 Lux jedoch schwankend. (41) fällt durch starke Blendung trotz erheblich reduzierter Sehschärfe, andererseits durch über 100%-iges Ansteigen derselben bei 500 Lux auf.

Für (42) ist Anwachsen der Sehschärfe ausserhalb des Messbereiches zu erwarten, der vermehrte Lichtbedarf lässt sich allerdings aus dem anatomischen Befund nicht erklären.

h. Bedeutung der relativen Sehleistung.

In einer Gesamtübersicht haben wir nochmals alle Untersuchungsergebnisse zusammengefasst. Die individuelle Sehschärfe bei 250 Lux haben wir darin auf 100 bezogen, die Werte bei 500, 750 und 1 000 Lux sind also als Prozente des Ausgangswertes zu betrachten. Eine solche Gegenüberstellung ist erforderlich, da eine Sehschärfesteigerung um den gleichen Betrag z.B bei einem stark Sehgestörten viel entscheidender ins Gewicht fällt als bei einem Normalsichtigen oder weniger Sehgestörten (S c h o b e r , B r ü c k n e r u.a.). Ein Sprung etwa von 0,1 auf 0,2 ist demnach nicht dasselbe wie ein solcher von 0,9 auf 1,0 , obwohl die Differenz in beiden Fällen die gleiche ist. Es soll also mit Tabelle IX ein Vergleich der relativen Sehleistungsziffern derPatienten untereinander als auch mit dem normalsichtigen Auge (in der Tabelle mit "N" bezeichnet) ermöglicht werden. Dementsprechend sind hier die Akzente gegenüber den Kurvenbildern sozusagen nach oben bzw. nach unten verschoben, was an einigen Beispielen besonders deutlich wird:

1. Der Zuwachs an Sehschärfe bei Erzeugung der nächst höheren Beleuchtungsstärke beträgt bei (33) und (8) je 0,04 Dezimale, für (33) bedeutet das aber eine Aufbesserung des Visus um 40%, für (8) dagegen um nur 14%.

2. Die höchste Sehschärfe erreichen (13) und (11) bei 750 Lux: Visusverbesserung im 1. Fall um 60%, im 2. Fall trotz fast doppelt so grosser Absolutsteigerung nur 41%!

3. Ein Vergleich von (15) etwa mit (N) unter diesen Bedingungen demonstriert am eindrucksvollsten die Bedeutung selbst kleiner Sehschärfesteigerungen bei stark reduziertem Visus: absolut gemessen beide Male rund 0,20 Dezimalteile, 129%-iger Gewinn aber für (15) und nur 11%-iger für (N).

Was oben über die relative Steigerung der Sehleistung bemerkt wurde, müsste dem Sinn nach für einen relativen Verlust derselben zutreffen: Die Differenz, die zwischen 2 bei verschiedenen Beleuchtungsstärken ermittelten Sehschärfegraden liegt, wird auch hier für das Auge um so grössere Bedeutung haben, je niedriger die Sehschärfe bei der ersten Beleuchtungsstufe gefunden wurde. Die in Tabelle IX mit einem "+" signierten Fälle sind statt bei 250 und 500 bei 200 bzw. 400 Lux getestet worden.

Nr.	500 Lux	750 Lux	1000 Lux	Bem.	Nr.	500 Lux	750 Lux	1000 Lux	Bem.
N	106	111	113		22	87	110	113	
1	118	173	218		23	125	125	117	
2	67	75	84		24	142	150	193	
3	100	126	107		25	106	118	106	
4+	159	149	85	rechts	26	111	137	116	
4+	86	88	50	links	27	143	149	177	
5	100	117	134		28	96	87	75	
6	100	100	77		29+	125	115	105	
7	135	116	83		30	126	110	105	
8	109	114	114		31	144	227	197	
9	129	141	141		32	118	129	136	
10	105	100	105		33	106	94	106	binoc.
11	137	141	109		33+	140	170	130	monoc.
12	104	93	89		34	105	132	123	
13	100	160	115		35	111	100	95	
14	126	148	152		36	108	100	97	
15+	157	229	164		37	120	127	120	
16	105	109	114		38	105	116	111	rechts
17	118	112	129		38	108	183	133	links
18	110	135	110		38	136	126	126	binoc.
19	140	116	124		39+	108	125	150	
20	125	164	164	monoc.	40	95	109	100	
20	92	72	66	binoc.	41	221	179	116	
21	58	53	53		42	125	125	133	

Tabelle IX: Gesamtübersicht zum Vergleich der relativen Sehleistung mit der des normalsichtigen Auges. Die Sehschärfe bei 250 Lux ist gleich 100 gesetzt.

V. Zusammenfassung und Beurteilung.

Bei kritischer Betrachtung der einzelnen Kurvenbilder, die wir absichtlich bestimmten Augenkrankheiten bzw. Krankheitsgruppen zuordneten, wird folgendes klar:

Es ist nur in ganz wenigen Fällen möglich, mit Hilfe einer klinischen Visusprüfung einen eindeutigen Zusammenhang zwischen dem pathologisch-anatomischen Befund einerseits und der Änderung der Sehschärfe bei steigender Beleuchtung andererseits aufzudecken.

Mit der Feststellung, dass eben der Visus stark herabgesetzt ist, wird man sich meistens begnügen müssen. Ausnahmen davon bilden allenfalls Albinismus und Aniridie mit der fast einzig für diese Krankheitsbilder typischen Blendung, und, schon weniger deutlich, Medientrübungen aller Art, für diese wäre der hohe Lichtbedarf pathognomonisch. Aber - selbst in der Gruppe der Starpatienten kam ja hier und da Blendung vor.

Die von vornherein berechtigte Erwartung, zwischen der Sehschärfekurve eines Sehbehinderten und der eines Normalsichtigen irgendwelche Analogien zu finden, erfüllt sich auch nur vereinzelt und annähernd, etwa bei (8),(9),(14), (20 li.),(34) und (38), deren Kurven sich zwischen 750 und 1 000 Lux weitgehend abflachen. Eine Steigerung der Sehschärfe ist, wie auch beim Normalsichtigen, wahrscheinlich nicht mehr möglich, ungeachtet noch höherer Beleuchtungsstärken.(Die Frage ist, ob unter diesen Bedingungen auch im sehschwachen Auge alle Sehelemente in Funktion sind).

Es konnte aber gezeigt werden, dass durch Sehschärfeprüfungen bei wechselnden Beleuchtungsstärken eine bessere Vorstellung zu gewinnen ist über das Ausmass der wirklichen Sehleistung eines pathologisch veränderten Auges. Aus dem Verlauf unserer Kurven lässt sich dann ersehen, welche Beleuchtungsstärke die beste Sehschärfe gewährleistet, und, was noch wichtiger ist, welche Beleuchtungsstärke für optimales Sehen gerade noch tragbar ist. Da es

sich im wesentlichen um 4 Kurventypen handelt, nämlich: steigend - fallend - abflachend - mit Maximum - wird man, trotz sehr unterschiedlicher klinischer und pathologisch-anatomischer Befunde, aus einer grösseren Zahl von Beteiligten etwa 4 Gruppen bilden können, für deren jede ein bestimmtes Verhalten der Sehschärfe typisch ist. Innerhalb unseres Untersuchungsgutes hat das zu folgendem Ergebnis geführt:

A. Die am Anfang dieses Abschnittes genannten 6 Fälle brauchen zum optimalen Sehen mindestens 750 Lux. Auch Ergebnisse von monocularen Prüfungen stehen hier allerdings als "Fälle" ein, was aber für die Systematik nicht von Belang ist. Sie "vertragen" aber auch höhere Beleuchtungsstärken.

B. Eine weitere Gruppe von Kindern ist noch lichtbedürftiger: erst bei 1 000 Lux und mehr erreichen diese ihr bestes Sehvermögen. Es sind (1),(2),(5),(16),(17),(19), (22),(24),(27),(32) und (42), d.h. ca. 25% aller Fälle. Mit den unter A genannten zusammen benötigen somit 40,5% aller Kinder Beleuchtungsstärken über 750 Lux, wohlgemerkt zum optimalen Sehen! Bei ihnen und auch beim Gesunden bleibt also die Sehschärfe über einen mehr oder weniger grossen Bereich konstant, ehe Blendung eintritt. Grundsätzlich trifft das auch für (6),(10) und (33) zu, deren Sehschärfe aber schon ab 250 Lux kaum noch Änderungen unterworfen ist.

C. Viermal im Verlauf unserer Untersuchungen stellten wir nun scheinbar ganz und gar gegensätzliches Verhalten der Sehschärfe zu steigender Beleuchtung fest:
<u>ständige Abnahme des Visus in den Fällen (4 li.),(20), (21) und (28).</u>
Aber auch hier liegt die Abweichung vom Normalen - ausser im niedrigen Visus - soweit wir beurteilen können, nur darin, dass die beste Sehschärfe unterhalb 250 Lux erreicht wird und die Blendung schon in Beleuchtungsbereichen auftritt, in denen für die meisten Augen, sehgestörte und normale, erst die entscheidende Sehschärfesteigerung einsetzt.

D. Die Abgrenzung der verbleibenden 18 Beispiele unseres

Gesamtmaterials zu den übrigen ergibt sich aus dem Verlauf der Sehschärfekurven ohne weiteres:

Nachdem entweder bei 500 oder 750 Lux die höchste Sehschärfe erreicht ist, dind alle Kinder, wenn auch in stark unterschiedlichem Masse, geblendet.

Es kommt zu einem Erliegen der Adaptationstätigkeit und damit zu einem Abfallen der Sehleistung. Das steht entschieden im Gegensatz zum Verhalten des sehtüchtigen Auges, denn

1) tritt bei ihm das Phänomen der Blendung, wie auf Seite 5 erwähnt, erst bei 100 - 200 mal höherer Beleuchtungsstärke auf,
2) hat dessen Sehschärfekurve gar kein Maximum, sondern läuft parallel der Abscisse weiter, sobald alle Sehelemente in Funktion sind, die Sehschärfe also nicht mehr zu steigern ist. Das bedeutet eine gewaltige Adaptationsleistung, die das sehgestörte Auge, unabhängig von der Art des Krankheitsprozesses, offensichtlich nicht aufbringen kann.

Nachstehend die betreffenden Fälle (berücksichtigt sind nur die, die bis zu ihrem Maximum über 25% an Sehschärfe gewonnen haben):

Maximum bei 500 Lux: (4re.),(7),(19),(30),(38 binoc.), (39) und (41).

Maximum bei 750 Lux: (3),(11),(15),(18),(31),(33 monoc.), (37) und (38 li.).

Die Kurvenbeispiele mit stetig fallender sowie die mit stetig steigender Tendenz können natürlich unterhalb bzw. oberhalb unseres Messbereiches deutliche Maxima haben, wir müssen solche Vorkommnisse aber zu den Ausnahmen zählen, da die auffälligsten Bewegungen sich eben doch zwischen 250 und 1 000 Lux abspielen.

33,3% von 42 Patienten, die einen repräsentativen Querschnitt durch die hauptsächlichsten, zu Sehschwäche führenden Augenkrankheiten demonstrieren lassen, sehen also optimal nur in einem sehr kleinen Bereich derjenigen Beleuchtungsstärken, die am häufigsten zu Lesezwecken

verwandt werden. Daraus allein wird schon die Schwierigkeit deutlich, jedem sehschwachen Kind die für seinen Bedarf günstigsten Lichtbedingungen zu schaffen.

VI. Schrifttum.

Beebe-Center, I.G.; Mead, L.C.; Wagoner, K.S.; a. Hoffman, A.C.
J. exper. psychol. 35, 473 (1945)

Biedermann, H.
Ztschr. f. ophth. Optik 15, 1 u. 34 (1927)

Crawford, I.S.; Shagass, C. a. Pashby, T.I.
Am. J. Ophth. 28, 1220 (1945)

Guillery
Arch. Augenheilk. 103, 280

Hallett, I.W.
A.M.A. Arch. Ophth. Chic. 45, 1 u. 64 (1951)

Hartmann, G.W.
J. exper. Psychol. 16, 383 (1933)

Hecht, S.
Proc. nat. Acad. Sci. (USA) 18, Nr. 8; 569 (1927)

Jaensch, P.A.
Einführg. in die Augenheilk. III. Aufl. (1957) Thieme, Stuttgart

Landolt, E.
Handb. d. ges. Augenheilk. (Graefe-Saemisch) 1, III. Aufl. (1920)

Luckiesh, Matthew & Moss
J. opt. soc. America 31, 514 (1941)

Lythgoe, R.I.
Practitioner 141, 89 (1938)

Mutch, I.R.
Practitioner, Lomd. 171, Nr. 1026, 635 (1953)

Schober, H.
Das Sehen, Bd. 2, II. Aufl. Fachbuchhdld. Leipzig (1958)

Trendelenburg, W.
Der Gesichtssinn, Springer, Berlin (1943)

Wilcox, W.W.
Proc. nat. Acad. Sci. (USA) 18, 47 (1932)

Herrn Oberarzt Professor Dr. Wolfgang S t r a u b bin ich zu Dank verpflichtet für die Überlassung des Themas sowie für die Unterstützung und Hilfe bei der Abfassung der Arbeit.

Besonders möchte ich der Firma Philips-GmbH. danken, die in ihrem Studio "Bau und Licht" in Hamburg den Prüfungsraum zur Verfügung stellte.

L e b e n s l a u f .

Als Sohn des praktischen Arztes Dr. med. Johannes Büttner und seiner Ehefrau Marie-Luise geb. Rindfleisch wurde ich am 20. Februar 1932 in Buxtehude geboren.

Die Grundschule besuchte ich von Ostern 1938 bis Ostern 1942 und trat dann in das damalige Reform-Real-Gymnasium in Buxtehude ein. Die Schulausbildung schloss ich im März 1951 mit dem Abitur ab.

Anschliessend war ich fast 4 Jahre in kaufmännischen Berufen tätig.

Das Studium der Medizin begann ich im Wintersemester 1955 in Tübingen. Nach der ärztlichen Vorprüfung, die ich im Frühjahr 1958 in Mainz ablegte, studierte ich an den Universitäten Hamburg, Innsbruck und Göttingen. Das Staatsexamen bestand ich im Mai 1961.

Ich arbeite zur Zeit als Medizinalassistent am Städtischen Krankenhaus meiner Heimatstadt Buxtehude.